

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karagenan

Karagenan merupakan nama yang diberikan untuk keluarga polisakarida linier yang diperoleh dari rumput laut merah dan penting untuk pangan. Pada bidang industri karagenan berfungsi sebagai stabilisator (pengatur keseimbangan), thickener (bahan pengental), pembentuk gel dan lain-lain. Dalam industri makanan karagenan dikategorikan sebagai salah satu bahan tambahan makanan (*food additives*). Karagenan hasil ekstraksi dapat diperoleh melalui pengendapan dengan alkohol. Jenis alkohol yang biasa digunakan untuk pemurnian hanya terbatas pada methanol, etanol, isopropanol (Winarno 2002). Karagenan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Karagenan sumber Winarno (2002)

Karagenan adalah polimer yang larut dalam air dari rantai linear sebagian galaktan sulfat yang memiliki potensi tinggi sebagai pembentuk *edible film* (Skurtys *et al.*, 2010), Karagenan merupakan hidrokoloid yang potensial untuk dibuat *edible film*, karena sifatnya dapat membentuk gel, stabil, yang kaku dan elastis, dapat dimakan dan dapat diperbaharui. Hidrokoloid memiliki kelebihan antara lain kemampuan yang baik melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida dan lipid serta sifat mekanis yang diperlukan. Kelemahan

karbohidrat kurang baik dalam hal menahan migrasi uap air. Selain itu karagenin merupakan polisakarida non kalori yang sering disebut *dietary fibre* (serat makanan) yang sangat baik untuk pencernaan karena kandungan serat kasarnya yang cukup tinggi. Konsumsi serat dalam jumlah tinggi akan mencegah timbulnya berbagai penyakit seperti kanker usus besar, penyakit kardiovaskuler dan kegemukan. Standar mutu karagenin menurut *Food Chemical Codex* (FCC), *Food and Drugs Administration* (FDA) dan *Food and Agriculture Organization* (FAO). Standar mutu karagenin dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Mutu Karagenin

Spesifikasi	FCC	FDA	FAO
Kadar air(%)	Maks.12	-	Maks.12
Sulfat (%)	18-40	20-40	15-40
Abu (%)	Maks.35	-	15-40
Abu tak larut asam (%)	Maks.1	-	Maks.1
Bahan tak terlarut asam (%)	-	-	Maks.2
Timbal (%)	Maks.4	-	Maks.10
Viskositas 1,5% sol (cP)	Min.5	Min.5	Min.5

Sumber : Skurtys 2010

Karagenin merupakan *polygalactan sulfat* yang tersusun atas 15 sampai 40% kandungan ester-sulfat dengan massa molekul relatif rata-rata di atas 100 kDa. Karagenin dibentuk oleh unit berulang d-*galaktosa* dan 3,6 anhidro galaktosa yang berikatan dengan ikatan glikosidik. Karagenin diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis yaitu  $\lambda$ ,  $\kappa$ ,  $\iota$ ,  $\epsilon$ ,  $\mu$ , semuanya mengandung 22 sampai 35% kelompok sulfat. Klasifikasi karagenin dibuat berdasarkan kelarutannya dalam kalium klorida. Perbedaan utama yang mempengaruhi sifat jenis karagenin adalah jumlah dan posisi kelompok ester sulfat serta kandungan 3,6 anhidro galaktosa (Necas dan Bartosikova 2013). Setiap jenis karagenin memiliki sejumlah karakteristik yang unik, termasuk kekuatan gel, viskositas, stabilitas suhu, sinergisme, dan daya larut

(Soma *et. al.*, 2009). Karagenan memiliki kandungan ester sulfat sekitar 25 sampai 30% dan kandungan 3,6 anhidro galaktosa sekitar 28 sampai 35% (Necas dan Bartosikova 2013).

### 2.1.1 Kelompok Karagenan

Karagenan merupakan polisakarida linier atau lurus, dan merupakan molekul galaktan dengan unit-unit utamanya adalah galaktosa. Karagenan merupakan molekul besar yang terdiri dari 1000 residu galaktosa. Karagenan dibagi atas tiga kelompok utama yaitu:

#### a. Kappa Karagenan

Kappa karagenan terdiri dari unit D-galaktosa 4 sulfat dan 3,6 anhidro D-galaktosa. Karagenan juga sering mengandung D-galaktosa 6 sulfat ester dan 3,6 anhidro D-galaktosa 2 sulfat ester. Adanya gugusan 6- sulfat dapat menurunkan daya gelasi dari karagenan, tetapi dengan pemberian alkali mampu menyebabkan transeliminasi gugusan 6-sulfat, sehingga menghasilkan bentuk 3,6 anhidro D-galaktosa. Dengan demikian derajat keseragaman molekul meningkat dan daya gelasinya juga bertambah (Winarno, 1990).

#### b. Iota Karagenan

Iota karagenan ditandai dengan adanya 4 sulfat ester pada setiap residu D galaktosa dan gugusan 2 sulfat ester pada setiap gugusan 3,6 anhidro D- galaktosa. Gugusan 2 sulfat ester tidak dapat dihilangkan oleh proses pemberian alkali seperti halnya kappa karagenan. (Winarno, 1990).

#### C. Lamda Karagenan

Lamda karagenan berbeda dengan kappa dan iota karagenan, karena memiliki sebuah residu *disulphated*  $\alpha$  (1,4) D-galaktosa (Winarno, 1990).

### 2.1.2 Sifat-Sifat Karagenan

#### a. Kelarutan

Karakteristik daya larut karagenan juga dipengaruhi oleh bentuk garam dari gugus ester sulfatnya. Jenis sodium umumnya lebih mudah larut, sementara jenis potasium lebih sukar larut. Hal ini menyebabkan kappa karagenan dalam bentuk garam potasium lebih sulit larut dalam air dingin dan diperlukan panas untuk mengubahnya menjadi larutan, sedangkan dalam bentuk garam sodium lebih mudah larut. Lamda karagenan larut dalam air dan tidak tergantung jenis garamnya (Syamsuar, 2006)

Pembentukan gel disebabkan karena terbentuknya struktur *heliks* rangkap yang tidak terjadi pada suhu tinggi. Kelarutan karagenan dalam air dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya tipe karagenan, temperatur, pH, kehadiran jenis ion tandingan, dan zat-zat terlarut lainnya. Gugus hidroksil dan sulfat pada karagenan bersifat hidrofilik, sedangkan gugus 3,6 anhidro D-galaktosa lebih hidrofobik. Lamda karagenan mudah larut pada semua kondisi karena tanpa unit 3,6 anhidro D-galaktosa dan mengandung gugus sulfat yang tinggi. Karagenan jenis iota bersifat lebih hidrofilik karena adanya gugus 2 sulfat dapat menetralkan 3,6 anhidro D- galaktosa yang kurang hidrofilik. Karagenan jenis kappa kurang hidrofilik karena lebih banyak memiliki gugus 3,6 anhidro D-galaktosa.

#### b. Viskositas

Viskositas adalah daya aliran molekul dalam sistem larutan. Viskositas suatu hidrokoloid dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu konsentrasi karagenan, suhu, jenis karagenan, berat molekul, dan adanya molekul-molekul lain (Towle 1973; FAO 1990). Jika konsentrasi karagenan meningkat maka viskositasnya akan

meningkat secara logaritmik. Viskositas akan menurun secara progresif dengan adanya peningkatan suhu, pada konsentrasi 1,5%, dan suhu 75°C nilai viskositas karagenan berkisar antara 5–800 cP (FAO 1990). Viskositas larutan karagenan terutama disebabkan oleh sifat karagenan sebagai polielektrolit. Gaya tolakan (*repulsion*) antar muatan-muatan negatif sepanjang rantai polimer, yaitu gugus sulfat, mengakibatkan rantai molekul menegang. Karena sifat hidrofiliknya, polimer tersebut dikelilingi oleh molekul-molekul air yang terimobilisasi, sehingga menyebabkan larutan karagenan bersifat kental (Guiseley 2000). Menurut Moirano (2001) menyatakan bahwa semakin kecil kandungan sulfat, maka nilai viskositasnya juga semakin kecil, tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat, adanya garam-garam yang terlarut dalam karagenan menurunkan muatan sepanjang rantai polimer. Penurunan muatan ini menyebabkan penurunan gaya tolakan (*repulsion*) antar gugus-gugus sulfat, sehingga sifat hidrofilik polimer semakin lemah dan menyebabkan viskositas larutan menurun.

Viskositas larutan karagenan akan menurun seiring dengan peningkatan suhu sehingga terjadi depolimerisasi yang kemudian dilanjutkan dengan degradasi karagenan, viskositas larutan karagenan terutama disebabkan oleh sifat karagenan sebagai polielektrolit. Gaya tolakan (*repulsion*) antar muatan-muatan negatif sepanjang rantai polimer, yaitu gugus sulfat, mengakibatkan rantai molekul menegang. Karena sifat hidrofiliknya, polimer tersebut dikelilingi oleh molekul molekul air yang terimobilisasi, sehingga menyebabkan larutan karagenan bersifat kental (Kammani *et al.*, 2014).

### c. Pembentukan Gelasi

Pembentukan gel adalah suatu fenomena penggabungan atau pengikatan silang rantai-rantai polimer sehingga terbentuk suatu jala tiga dimensi bersambungan. Selanjutnya jala ini menangkap atau mengimobilisasikan air di dalamnya dan membentuk struktur yang kuat dan kaku. Gel mempunyai sifat seperti padatan, khususnya sifat elastis dan kekakuan. Struktur kappa dan iota karagenan memungkinkan bagian dari dua molekul masing-masing membentuk *double helix* yang mengikat rantai molekul menjadi bentuk jaringan 3 dimensi atau gel. Lamda karagenan tidak mampu membentuk *double helix* tersebut. Sifat ini dapat terlihat bila larutan dipanaskan kemudian diikuti dengan pendinginan sampai di bawah suhu tertentu, kappa dan iota karagenan akan membentuk gel dalam air yang bersifat reversible yaitu akan mencair kembali pada saat larutan dipanaskan (Winarno, 1990).

Proses pemanasan dengan suhu yang lebih tinggi dari suhu pembentukan gel akan mengakibatkan polimer karagenan dalam larutan menjadi random coil (acak). Bila suhu diturunkan, maka polimer akan membentuk struktur *double helix* (pilinan ganda) dan apabila penurunan suhu terus dilanjutkan, polimer-polimer ini akan terikat silang secara kuat dan dengan makin bertambahnya bentuk heliks akan terbentuk agregat yang bertanggung jawab terhadap terbentuknya gel yang kuat jika diteruskan, ada kemungkinan proses pembentukan agregat terus terjadi dan gel akan mengerut sambil melepaskan air. Proses terakhir ini disebut sineresis (Fardiaz, 2000). Kemampuan pembentukan gel pada kappa dan iota karagenan terjadi pada saat larutan panas dibiarkan menjadi dingin karena mengandung gugus 3,6 an hidrogallaktosa. Adanya perbedaan jumlah, tipe, dan posisi gugus sulfat akan

mempengaruhi proses pembentukan gel. Kappa karagenan sensitif terhadap ion kalium dan membentuk gel kuat dengan adanya garam kalium, sedangkan iota karagenan akan membentuk gel yang kuat dan stabil bila ada ion  $\text{Ca}^{2+}$ , akan tetapi lamda karagenan tidak dapat membentuk gel (Glicksman 2001). Potensi membentuk gel dan viskositas larutan karagenan akan menurun dengan menurunnya pH, karena ion  $\text{H}^+$  membantu proses hidrolisis ikatan glikosidik pada molekul karagenan (Angka dan Suhartono 2000). Konsistensi gel dipengaruhi beberapa faktor antara lain jenis dan tipe karagenan, konsistensi, adanya ion-ion serta pelarut yang menghambat pembentukan hidrokoloid (Kammani *et al.*, 2014).

## 2.2 Kunyit (*Curcuma longa*)

Kunyit (*Curcuma longa*) merupakan salah satu tanaman yang digunakan untuk pengobatan tradisional oleh nenek moyang kita sejak lama. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hidayati (2002) secara *in vitro*, membuktikan bahwa senyawa aktif dalam rimpang kunyit mampu menghambat pertumbuhan jamur, virus, dan bakteri baik Gram positif maupun Gram negatif, seperti *E.coli* dan *Staphylococcus aureus*, karena kunyit mengandung berbagai senyawa diantaranya adalah kurkumin dan minyak atsiri (Said, 2001).



Gambar 2. Tanaman dan Rimpang Kunyit (Dokumentasi Pribadi)

Kunyit merupakan jenis temu-temuan yang mengandung senyawa kimia, yaitu kurkuminoid (Muchtaromah, 2010). Kunyit mengandung zat aktif yang efektif menghambat pertumbuhan mikroba, selain itu komposisi kimiawi dari kunyit tersusun atas komponen utama berupa pati, abu, serat, zat kuning atau kurkuminoid, serta minyak atsiri. Zat kuning pada rimpang kunyit bersifat antibakteri dan anti inflamasi (antiperadangan) sementara komponen seperti pati, serat, abu, dan zat – zat gizi lain akan membatasi proses metabolisme dan fisiologi organ tubuh guna memulihkan kondisi tubuh (Susilowati dkk, 2006)

Beberapa grup senyawa kimia utama yang bersifat anti mikroba adalah fenol dan senyawa fenoli, alkohol, logam berat, dan senyawanya. Kurkumin adalah suatu senyawa fenolitik maka mekanisme kerjanya sebagai antimikroba mirip dengan persenyawa fenol lainnya. Aktivitas kurkumin dengan cara menghambat poliferasi sel (Warhaini, 2011). Kunyit merupakan salah satu jenis tanaman yang termasuk dalam keluarga Zingiberaceae yang mempunyai batang semu yang dibentuk dari pelepah daunnya. Bagian utama tanaman kunyit ialah rimpangnya yang merupakan tempat tumbuhnya tunas. Rimpang kunyit berwarna kecokelatan dan bagian dalamnya berwarna kuning tua, kuning jingga, atau kuning jingga kemerahan sampai kecokelatan. Rimpang kunyit (*Curcuma longa* L.) mempunyai khasiat sebagai jamu dan obat tradisional untuk berbagai jenis penyakit. Senyawa yang terkandung dalam rimpang kunyit (*Curcuma longa* L.) yaitu kurkumin dan minyak atsiri yang mempunyai peranan sebagai antioksidan, antitumor, antikanker, antijamur, antimikroba, dan antiracun (Hartati, 2013).

Menurut Warhaini (2011) menyatakan bahwa kunyit juga mengandung pati sebesar 40-50 %, pati memiliki dua fraksi utama yaitu amilosa dan amilopektin.



Proses pemanasan di samping terjadi pembengkakan granular pati juga diikuti dengan peningkatan viskositas. Semakin besar pembengkakan granula, semakin besar viskositas setelah pembengkakan maksimum, dan pemanasan tetap dilanjutkan dengan suhu diatas 65<sup>0</sup>C, granula pati membengkak dimana pati akan menyerap air lebih banyak. Kandungan kimia pada tanaman kunyit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Kimia Kunyit

Komponen	Komposisi		
	Rimpang Kunyit	Kunyit kering	Bubuk kunyit
Energy (Kal)	1480	349,0	390,0
Air (gr)	11,4	13,10	5,80
Protein(gr)	7,8	6,30	8,60
Lemak (gr)	9,9	5,10	8,90
Karbohidrar (gr)	64,9	69,40	69,90
Serat (gr)	6,7	2,60	6,90
Abu (gr)	6,0	-	6,80
Kalsium (gr)	182	0,15	0,20
Fosfor (gr)	268	0,28	0,26
Natrium (gr)	-	0,03	0,01
Kalsium	-	3,30	2,50
Besi (mg)	41	16,60	47,50
Thiamin (mg)		0.03	0,09
Riboflavin (mg)	5	-	0,19
Niacin (mg)		-	4,80
Asam nikotinat (mg)	-	2,30	-
Asam askorbanat (mg)	26	50,0	49,80
Vitamin A (IU)	-		175,0

Sumber: (Sumiati, 2004).

### 2.3 Edible film

*Edible film* merupakan lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dimakan sebagai bahan pengemas atau pelapis produk makanan. *Edible film* berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) terhadap massa (kelembaban, oksigen, cahaya, gas volatil, lipida, zat terlarut), pembawa aditif, vitamin, mineral, antioksidan, antimikroba, pengawet, bahan untuk memperbaiki rasa dan warna produk yang dikemas) serta memudahkan

penanganan makanan dan berfungsi melindungi makanan dari kerusakan fisik, kimia, dan mikrobiologi (Dangaran *et al.*, 2004). Fungsi dari *edible film* adalah sebagai penghambat perpindahan uap air menghambat pertukaran gas, mencegah kehilangan aroma, mencegah perpindahan lemak, meningkatkan karakteristik fisik, dan sebagai pembawa zat aditif. Jumlah karbon dioksida dan oksigen yang kontak dengan produk merupakan salah satu yang harus diperhatikan untuk mempertahankan kualitas produksi dan berakibat pula dengan umur simpan produk (Hui, 2006). Formulasi untuk *edible film* dan *coating* harus memiliki setidaknya satu komponen yang dapat membentuk matriks kohesif dan berkesinambungan. Bahan dasar dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori: polisakarida, protein, dan senyawa lipid, dari penggunaan polisakarida (sayur, pati, selulosa, dan turunannya, dan lain lain) dapat membentuk *film* yang baik. *Film* dari hidrofilik dapat memberikan hambatan yang baik terhadap minyak dan lipid, tetapi kurangnya sifat dalam kelambanan. Sedangkan film berbasis protein memiliki sifat yang menarik. Sifat mekanik dan penghalang film ini umumnya lebih baik dari pada film berbahan polisakarida, hal ini karena protein merupakan polimer monoton, protein memiliki struktur khusus dengan potensi sifat fungsional yang lebih besar. Banyak senyawa lipid, seperti lemak hewan dan nabati (lilin alami dan turunannya, *acetoglycerides*, bahan aktif permukaan dan lilin lain) telah digunakan untuk membuat *edible film* dan *coating*. *Edible* yang dihasilkan memiliki sifat penghalang kelembaban yang sangat baik, namun tidak dengan masalah stabilitas (terutama oksidasi), tekstur dan kualitas organoleptic (opacity, rasa lilin) (Krochta *et al.*, 2002),

Kelebihan *edible film* yang terbuat dari hidrokoloid diantaranya memiliki kemampuan yang baik untuk melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida,

dan lipid serta memiliki memiliki sifat matriks yang diinginkan dan meningkatkan kesatuan stukturproduk, kelemahanya, *film* dari karbohidrat yang kurang bagus digunakan untuk mengatur migrasiuap air, sementara dari protein sangat dipengaruhi oleh perubahan pH (Anonim, 2009). Menurut Krocha dan De Mulder Johnson (1997) *edible film* umumnya dibuat dari salah satu bahan yang memiliki sifat *barrier* atau mekanik yang baik, tetapi tidak untuk keduanya. Oleh karena itu, dalam pembuatan *edible film* mungkin ditambahkan bahan yang bersifat hidrofobik untuk memperbaiki sifat penghambatan (*barrier*) pada *edible film*.

### 2.3.1 Pembuatan *Edible Film*

*Film* didefinisikan sebagai lembaran fleksibel, yang tidak berserat dan tidak mengandung bahan metalik dengan ketebalan kurang dari 0,01 inci atau 250 mikron. *Film* terbuat dari turunan selulosa dan sejumlah resin termoplastik. *Film* terdapat dalam bentuk *roll*, lembaran dan tabung. Kemasan *film* dapat digunakan sebagai pembungkus, kantong, tas, dan sampul, mengemas tembakau, biskuit, kabel, tekstil, pupuk, pestisida, obat-obatan, mentega, produk kering yang beku untuk para astronot (Susanto, 1994).

(Krochta *et al.*, 1994), menjelaskan bahwa beberapa jenis polisakarida yang dapat digunakan untuk membuat *edible film* antarlain selulosa dan turunannya, hasil ekstraksi rumput laut (yaitu karaginan, *alginate*, agar dan *furcellaran*), *exudates gum*, kitosan, gum hasil fermentasi mikrobial, dan gum dari biji-bijian. Menurut Paramita (2010), *film* yang sesuai untuk produk buah-buahan segar adalah film dari polimer pati karena sifat permeabilitasnya yang selektif dari polimer tersebut terhadap oksigen dan karbondioksida. Untuk memperkecil permeabilitasnya, terhadap uap air maka dalam polimer sering ditambahkan asam

lemak. Pada umumnya pembuatan *edible film* dari satu bahan memiliki sifat sebagai *barrier* atau mekanik yang baik, tetapi tidak untuk keduanya. Interaksi antara dua jenis polimer sakarida membentuk jaringan yang kuat dengan sifat mekanis yang baik, tetapi tidak efisien sebagai penahan uap air karena bersifat hidrofil. *Film* dari lemak memiliki sifat penghambatan yang baik, tetapi mudah patah. Oleh karena itu, dalam pembuatan *edible film* sering ditambahkan bahan yang bersifat hidrofobik untuk memperbaiki sifat penghambatan (*barrier properties*) *edible film* (Callegarin *et al.*, 1997).

Menurut Bureau dan Multon (2009), pembentukan *edible film* memerlukan sedikitnya satu komponen yang dapat membentuk sebuah matriks dengan kontinuitas yang cukup dan kohesi yang cukup. Derajat atau tingkat kohesi akan menghasilkan sifat mekanik dan penghambatan *film* sedangkan menurut Fenema (1976), komponen yang digunakan berupa polimer dengan berat molekul yang tinggi. Struktur polimer rantai panjang diperlukan untuk menghasilkan matriks *film* dengan kekuatan kohesif yang tepat. Kekuatan kohesif *film* terkait dengan struktur dan kimia polimer, selain itu juga dipengaruhi oleh terdapatnya bahan aditif seperti bahan pembentuk ikatan silang.

## **2.4 Bahan Tambahan *Edible Film***

### **2.4.1 *Plasticizer***

Menurut (Syarief *et al.*, 1989), untuk memperbaiki sifat plastik maka ditambahkan berbagai jenis tambahan atau aditif. Bahan tambahan ini sengaja ditambahkan dan berupa komponen bukan plastik yang diantaranya berfungsi sebagai *plasticizer*, penstabil pangan, pewarna, penyerap UV dan lain-lain. Bahan itu dapat berupa senyawa organik maupun anorganik yang biasanya mempunyai

berat molekul rendah. *Plasticizer* merupakan bahan tambahan yang diberikan pada waktu proses agar plastik lebih halus dan luwes. Fungsinya untuk memisahkan bagian-bagian dari rantai molekul yang panjang. *Plasticizer* adalah bahan *non volatile* dengan titik didih tinggi yang apabila ditambahkan ke dalam bahan lain akan merubah sifat fisik dan atau sifat mekanik dari bahan tersebut (Krochta *et al.*, 1994). *Plasticizer* ditambahkan untuk mengurangi gaya intermolekul antar partikel penyusun pati yang menyebabkan terbentuknya tekstur *edible film* yang mudah patah (getas).

Gliserol adalah senyawa golongan alkohol *polihidrat* dengan 3 buah gugus hidroksil dalam satu molekul (*alcohol trivalent*). Rumus kimia gliserol adalah  $C_3H_8O_3$ , dengan nama kimia 1, 2, 3 propanatriol. Berat molekul gliserol adalah 92,1 massa jenis  $1,23 \text{ g/cm}^3$  dan titik didihnya  $209^\circ\text{C}$  (Winarno, 1992). Gliserol memiliki sifat mudah larut dalam air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air, dan menurunkan Aw. (Rodrigeus *et al.*, 2006) menambahkan bahwa gliserol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk film yang bersifat hidrofobik seperti pati dapat meningkatkan adsorpsi molekul polar seperti air. Peran gliserol sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas film (Bertuzzi *et al.*, 2007). Gliserol efektif digunakan sebagai *plasticizer* pada film hidrofilik, seperti pektin, pati, gel, dan modifikasi pati, maupun pembuatan *edible film* berbasis protein. Gliserol merupakan suatu molekul hidrofilik yang relatif kecil dan mudah disisipkan diantara rantai protein dan membentuk ikatan hidrogen dengan gugus amida dan protein gluten. Hal ini berakibat pada penurunan interaksi langsung dan kedekatan antar rantai protein. Selain itu, laju transmisi uap air yang melewati *film* gluten yang dilaporkan

meningkat seiring dengan peningkatan kadar gliserol dalam film akibat dari penurunan kerapatan jenis protein (Utari dkk, 2008).

Molekul *plasticizer* akan mengganggu kekompakan pati, menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer. Selanjutnya menyebabkan peningkatan *elongasi* dan penurunan *Tensile strength* seiring dengan peningkatan konsentrasi gliserol. Penurunan interaksi intermolekul dan peningkatan mobilitas molekul akan memfasilitasi migrasi molekul uap air (Rodrigues *et al.* 2006). *Plasticizer* menurunkan gaya inter molekuler dan meningkatkan mobilitas ikatan polimer sehingga memperbaiki *fleksibilitas* dan *extensibilitas film*. Ketika gliserol menyatu, terjadi beberapa modifikasi struktural di dalam jaringan pati, matriks *film* menjadi lebih sedikit rapat dan di bawah tekanan, Bergeraknya rantai polimer dimudahkan, meningkatkan fleksibilitas *film* (Alvest *et al.*, 2007). Menurut Liu dan Han (2006), tanpa *plasticiser* amilosa dan amilopektin akan membentuk suatu film dan suatu struktur yang *bifasik* dengan satu daerah kaya amilosa dan amilopektin. Interaksi-interaksi antara molekul-molekul amilosa dan amilopektin mendukung formasi *film*, menjadikan film pati jadi rapuh dan kaku. Keberadaan dari *plasticizer* di dalam *film* pati bisa menyela pembentukan *double helices* dari amilosa dengan cabang amilopektin, lalu mengurangi interaksi antara molekul-molekul amilosa dan amilopektin, sehingga meningkatkan fleksibilitas *film* pati (Zhang dan Han, 2006).

## 2.5 Dodol

Dodol merupakan olahan pangan yang dibuat dari campuran tepung ketan, gula, dan santan kelapa, yang dididihkan sehingga menjadi kental dan berminyak tidak lengket dan jika telah dingin menjadi padat, lunak dan dapat diiris, dodol memiliki warna coklat, rasa manis dan gurih yang khas, komponen utama dodol ialah tepung ketan, sebagai

pendukung tekstur dodol (Haryadi, 2008). Dodol merupakan jenis makanan yang mempunyai sifat agak basah sehingga dapat dimakan tanpa dibasahi terlebih dahulu dan cukup kering sehingga dapat stabil dalam penyimpanan. Dodol yang berkualitas baik adalah dodol dengan tekstur yang tidak terlalu lembek, bagian luar mengkilap akibat adanya pelapisan gula atau *glazing*, rasa yang khas dan jika mengandung minyak tidak terasa tengik (Rukhanah, 2005). Syarat mutu dodol dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Syarat Mutu Dodol Menurut SNI No. 01-2986-1992

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Bau	-	Normal/khas dodol
Rasa	-	Normal/khas dodol
Warna	-	Normal/khas dodol
Kadar air	%b/b	Maksimum 20
Jumlah gula sebagai sukrosa	%b/b	Minimal 45
Protein	%b/b	Minimal 3
Lemak	%b/b	Minimal 3
Bahan tambahan makanan	-	Sesuai dengan SNI 0222-M dan Peraturan Menteri Kesehatan No. 722/Menkes/Per/Lx/88
Pemanis buatan	-	Tidak nyata
Cemaran logam :		
- Timbal (Pb)	Mg/kg	Maksimum 1,0
- Tembaga (Cu)	Mg/kg	Maksimum 10,0
- Seng (Zn)	Mg/kg	Maksimum 40,0
- Arsen (As)	Mg/kg	Maksimum 0,5
Cemaran Mikroba :		
- Angka lempeng total	Koloni	Maksimum $5,0 \times 10^2$
- E. Coli	APM/G	3
- Kapang dan khamir	Koloni/G	Maksimum $1,0 \times 10^2$

Sumber : Dewan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI)

Bahan baku utama dalam pembuatan dodol adalah tepung beras ketan. Masing-masing bahan dodol mempengaruhi tekstur, rasa, aroma, daya tahan dodol dan kekenyalanya. Tepung beras ketan (*Oryza sativa glutinosa*) memiliki kandungan karbohidrat 80 %, lemak 4, protein 6,5 %, dan air %. Gula yang digunakan dapat berfungsi sebagai pengawet, selain itu juga untuk memperbaiki tekstur karena dapat menghambat pertumbuhan lapisan keras dodol dan

memperbaiki tekstur dodol (Yulianti, 2012). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) definisi dodol adalah makanan yang dibuat dari tepung beras ketan, santan kelapa, dan gula dengan atau tanpa penambahan bahan makanan dan bahan lain yang diizinkan.

### 2.5.1 Rumput Laut

Menurut Alsan (2003), rumput laut terbagi ke dalam tiga kelompok berdasarkan pigmen yang terkandung dalam rumput laut, yaitu *Rhodophyceae* (merah), *Phaeophyceae* (coklat) dan *Chlorophyceae* (hijau), sedangkan menurut Glicksman (1983), rumput laut dikelompokkan menjadi empat kelas berdasarkan pigmen yang dikandungnya yaitu *Rhodophyceae* (merah), *Cyanophyceae* (hijau biru), *Chlorophyceae* (hijau) dan *Phaeophyceae* (coklat). Rumput laut menduduki posisi pertama dari 10 komoditas perikanan unggulan budidaya lainnya. Produksi rumput laut mengalami kenaikan rata - rata 32% per tahun. Pada tahun 2009, produksi rumput laut Indonesia mencapai 2,5 juta ton dan diproyeksikan mencapai 10 juta ton pada tahun 2014 (Aslan, 2008). Terdapat beragam jenis rumput laut yang telah dibudidayakan, namun terdapat beberapa jenis rumput laut unggulan yang telah dibudidayakan dan berpotensi di Indonesia. Berikut diantaranya jenis jenis rumput laut. *Eucheuma sp* merupakan salah satu contoh dari jenis *Rhodophyceae*, yang mempunyai ciri-ciri umum seperti *thalli* (kerangka tubuh tanaman), bulat silindris atau gepeng, berwarna merah, merah coklat, hijau kuning, dan sebagainya, bercabang berselang tak teratur, memiliki benjolan benjolan dan duri-duri. Gambar rumput laut *Eucheuma cottonii* dapat dilihat pada gambar 3.





Gambar 3. Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Alsan (2003)

Rumput laut sebagai sumber gizi memiliki kandungan karbohidrat, protein, sedikit lemak, dan abu yang sebagian besar merupakan senyawa garam natrium dan kalium. Menurut Rumput laut juga mengandung vitamin A, B1, B2, B6, B12, C, serta mineral seperti kalium, kalsium, fosfor, natrium, zat besi, dan yodium (Anggadireja dkk., 2008). Menurut Murti, 2011 Secara kimia rumput laut terdiri dari protein (5,4%), karbohidrat (33,3%), lemak (8,6%) serat kasar (3%) dan abu (22,25%). Selain itu juga mengandung asam amino, vitamin, dan mineral seperti natrium, kalium, kalsium, iodium, zat besi dan magnesium, komposisi kimiawi pada setiap jenis rumput laut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Kimiawi beberapa jenis Rumput Laut

Jenis Rumput laut	Karbohidrat (%)	Protein (%)	Air (%)	Lemak (%)	Serat kasar (%)
<i>E.Cottoni</i>	57,52	3,46	14,96	0,93	7,08
<i>Sargassum</i> Sp	19,06	5,53	11,71	3074	28,39
<i>Turbinaria</i> Sp	44,90	4,79	9,73	1,66	16,38
<i>Glacelaria</i> Sp	41,68	659	9,38	0,68	9,92

Sumber : Murti (2011)

### 2.5.2 Dodol Rumput Laut

Dodol rumput laut merupakan salah satu bentuk difersifikasi produk pengolahan rumput laut. Proses dodol rumput laut dibuat dengan menambahkan rumput laut dan dapat meningkatkan nilai guna dari rumput laut. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi kualitas dodol adalah komposisi bahan bakunya. Oleh karena itu, perlu diketahui proporsi tepung ketan

dan rumput laut yang optimum agar dihasilkan dodol rumput laut dengan kualitas yang baik (Rukhanah, 2005)

Pembuatan dodol rumput laut melalui dua proses, yaitu proses pencucian dan perendaman. Sebelum direndam, rumput laut dicuci terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran yang melekat pada rumput laut. Setelah itu, rumput laut kering direndam dalam air tawar sebanyak 18 kali berat rumput laut (sampai rumput laut terendam semua dalam air) dan setiap satu hari sekali air tawar tersebut diganti. Penambahan air saat perendaman menjadi dua kali lipat perlu dilakukan karena terjadi pengembangan volume akibat rumput laut kering tersebut menyerap air. Perendaman dilakukan dua atau tiga hari sampai tekstur rumput laut menjadi agak lunak, tidak berbau dan berwarna putih. Perendaman kedua dilakukan dengan air tawar atau kapur sirih 1 % selain untuk menghilangkan bau amis, perendaman dimaksudkan agar rumput laut lebih aseptis dan memiliki tekstur lebih mantap. Setelah satu jam, kemudian rumput laut tersebut dicuci sampai bersih (Pusat Riset Pengolahan dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan, 2004).

Dodol rumput laut merupakan jenis pangan semi basah yang mempunyai kadar air tidak terlalu rendah yaitu 15-38 % basis basah dengan kandungan aw pada bahan tersebut sebesar 0,7-0,9 (Kusnandar, 2006). Kehilangan mutu dan kerusakan pangan semi basah disebabkan oleh beberapa faktor antara lain pertumbuhan mikroba yang memanfaatkan bahan pangan sebagai substrat untuk memproduksi toksin (racun) di dalam bahan pangan tersebut. Pangan semi basah merupakan bahan pangan yang mempunyai kadar air tidak terlalu rendah yaitu 15-38, tetapi bahan pangan ini dapat bertahan lama selama penyimpanan, Untuk membuat pangan semi basah yang tahan lama selama penyimpanan, selain mempertahankan kadar air menjadi 15-38%,

kandungan aw pada bahan pangan tersebut dibawah 0,90 untuk mencegah pertumbuhan kapang (Nugroho, 2007). Peningkatan kadar air disebabkan oleh terjadinya penyerapan uap air dari lingkungan. Penelitian yang dilakukan oleh Kusnandar (2006) menjelaskan bahwa selain memiliki kadar air yang cukup tinggi, umur simpan dodol juga relatif pendek sekitar 4-5 hari.

